

Ueber die Bildung der Halbopale im Augit-Andesit von Gleichenberg.

Von Mich. Kišpatić.

Das Vorkommen der verschiedenen Opalvarietäten in den trachytischen und andesitischen Gesteinen ist eine ziemlich häufige Erscheinung. Die Opale erfüllen hier grössere und kleinere Hohlräume und dringen selbst in das verwitterte Gestein hinein. Dass hier die Opalmasse aus einer Kieselsäuregallerte, die aus dem zersetzten Gestein abgeführt und in Hohlräume abgesetzt wurde, entstand, ist höchst wahrscheinlich. Man beobachtete aber ausserdem schon mehrmals, dass sich einzelne Mineralien in verschiedenen Gesteinen, wie ich später erwähnen werde, durch eine Pseudomorphose bei Beibehaltung ihrer Form ganz in Opal umgewandelt haben, man könnte sagen, eine der früher erwähnten Entstehungsweise ganz entgegengesetzte Erscheinung, weil hier bei der Zersetzung des betreffenden Minerals alle übrigen Bestandtheile grösstentheils weggeführt wurden, die Kieselsäure aber im amorphen Zustande zurückblieb, indem sie die ursprüngliche Form des Minerals beibehielt, wobei noch hie und da etwas Kieselsäure zugeführt wurde. Dass sich aber ganze Partien eines Gesteins direct in eine Opalmasse verwandeln, dass man dabei alle Bestandtheile des Gesteins in ihren Formen und ursprünglichen Lagen erkennt und wieder findet, ist bis jetzt nirgends beschrieben worden.

Die Halbopale im Bereiche der Gleichenberger Andesite sind in der Literatur schon lang bekannt, waren aber nie genau untersucht, deswegen nannte z. B. Stur, Andrae auch einen Theil der Gleichenberger Halbopale, deren befremdendes Aussehen mit den übrigen bekannten Halbopalen im Widerspruche stand, nur opalähnliche Gesteine, während nur diejenigen Opalvarietäten, an denen makroskopisch die einzelnen Bestandtheile der Andesite nicht zu sehen waren, als wirkliche Halbopale erkannt wurden. D. Stur in seiner „Geologie der Steiermark“ (pag. 607) war der

erste, der den Halbopalen von Gleichenberg näher trat und deren Entstehung zu erklären versuchte.

„Das Vorkommen“, schreibt Stur, „rhyolithähnlicher Gesteinsmassen in der Umgebung Gleichenbergs glaube ich noch erwähnen zu müssen. Sie haben in der That in manchen Stücken ganz das Aussehen von Rhyolithen. Bei genauer Untersuchung bemerkt man jedoch in allen, auch in jenen, die an Kieselsäure so reich sind, dass sie das Aussehen von Halbopalen darbieten, den Mangel an ausgeschiedenen Quarzkrystallen. — Die Entstehung dieser Gesteine glaube ich der nachträglichen Imprägnation durch Kieselsäure zuschreiben zu müssen, die ganz so stattfand, wie die Verkieselung des Belvedereschotters und Sandes zu festem Mühlsteine am Gleichenberger Kogel. Die porösen, ungeschichteten Tuffe, als auch feldspathreiche zu Kaolin verwitterte Partien des Trachytes sind es vorzüglich, die der Durchdringung mit flüssiger Kieselsäurelösung zugänglich waren, in Folge davon in kieselsäurereiche Gesteine umgewandelt wurden. Jene, die diesem Prozesse weniger lang ausgesetzt waren, besitzen den Habitus poröser Rhyolithgesteine, die stärker imprägnirten sehen Halbopalen, ähnlich, in denen nur stellenweise die Structur der Tuffe nachweisbar ist. Dass das Fliessen der kieselsäurehaltigen Quellen ein nachträgliches sei, beweist die Thatsache, dass die Klüfte der Gleichenberger Trachyte mit Halbopalen angefüllt erscheinen.“

Professor Hofrath Tschermak, welcher bei einer Aufnahme des Gebietes von Gleichenberg die hier beschriebenen Gesteine sammelte, erkannte gleich beim ersten Anblick dieser Halbopale, dass man es hier nicht mit einer einfachen Durchdringung und Einsickerung der Kieselsäure zu thun hat, sondern dass hier eine Erscheinung vorliege, die im Grossen der bekannten Umwandlung einzelner Mineralien in Opal ähnlich sein muss, und übergab mir eine Anzahl von Halbopalen und frischen und zersetzten Andesiten zur mikroskopischen Untersuchung, wofür ich mich verpflichtet fühle, ihm meinen innigsten Dank, sowie auch für die liebevolle Unterstützung, die er mir während meiner Arbeiten angedeihen liess, auszusprechen.

Die Andesite und Halbopale, die ich zur Untersuchung übernommen habe, stammen, nach der Aufnahme von Hofrath Tschermak und Professor Rumpf, von verschiedenen Punkten der Klause

(Klamm), von Birkblössekogel, Bescheidkogel, von Absetz bei Schaufelgraben und von Eichgraben. Diese Punkte liegen in demjenigen Gebirgszuge, der unweit von dem Dorf Gleichenberg bei Schloss Gleichenberg anfängt und sich auf beiden Seiten der Fahrstrasse Feldbach-Gleichenberg bis zur Klausner Quelle hinzieht, wo er mit einem kurzen westlichen und einem längeren östlichen Arm weiter auseinander geht. Der östliche Arm zieht sich um den Gleichenberger Kogel und biegt bei Prangerleuten gegen Süden, wo er bis Absetz und Eichgraben reicht.

Die Augit-Andesite dieser Gegend, sowie auch das ganze vulkanische Gebiet der Gleichenberger Gegend waren Gegenstand vielfacher Untersuchung, wie es am besten die ziemlich grosse Literatur über die vulkanischen Bildungen der Gleichenberger Gegend beweist ¹⁾. Andrae, Fridau, Morlot, Unger, Partsch und Stur haben die Andesite, die mir vorlagen, als Trachyte beschrieben. Hussak beschrieb das trachytische Gestein nur von zwei

¹⁾ Anker, Kurze Darstellung der min.-geolog. Gebirgsverhältnisse Steiermarks. Graz 1835.

Partsch, Geognostische Skizze der Umgebung des Gleichenberger Sauerbrunn in Langer: Heilquellen des Thales Gleichenberg. Graz 1836.

Unger, Ueber Gleichenberg, Leonhard und Bronn's Jahrbuch 1840, pag. 726.

Morlot, Analyse des Trachyts von Gleichenberg. Haidinger's Berichte 1847, II., pag. 242.

Morlot, Bemerkungen zu der Analyse, Leonhard und Bronn's Jahrbuch 1847, pag. 844.

Fridau, Skizze des Trachytvorkommens von Gleichenberg. Haidinger's Berichte 1849. V., pag. 238.

Fridau, Ueber einen Alaunfels von Gleichenberg. Leonhard und Bronn's Jahrbuch 1851, pag. 593.

Andrae, Bericht über die Ergebnisse geogn. Forschungen. Jahrbuch der geolog. Reichsanstalt. VI. 1855.

Zollikofer, Bericht des geologisch-montanistischen Vereins. Graz 1860, pag. 61.

Stur, Geologie der Steiermark. Graz 1871, pag. 605.

Hussak, Die Trachyte von Gleichenberg. Mittheilungen des naturw. Vereins für Steiermark 1878.

Salzer, Analyse des Andesits von Gleichenberg. Tschermak, Min. u. petr. Mittheilungen I., pag. 370.

Schuster, Analyse des Halbpals von Gleichenberg. Ebenda.

Punkten des erwähnten Gebiets, von der Klausner Quelle und Eichgraben, als Augit-Andesit.

Die Gesteine von der Klausen, Bescheidkogel, Birkblössekogel und Absetz, die ich mikroskopisch untersuchte, erwiesen sich alle als Augit-Andesite. Die Gesteine waren von hell- oder dunkelgrauer bis schwarzer Farbe und trachytischem Aussehen. Ein Theil der Gesteine war dem äusseren Aussehen nach ganz frisch, ein anderer wieder zeigte insoferne Spuren von Verwitterung, dass man mikroskopisch sah, wie die Feldspäthe mit einer weissen, kaolinartigen Kruste überzogen waren.

In der mikrokrystallinen Grundmasse der untersuchten Gesteine waren nur in den vom Bescheidkogel grössere Einsprenglinge so selten, dass er beinahe ganz dicht erschien, „mit dem Feldspathe“, schreibt Fridau über dieses Gestein, „verschwindet die porphyrtartige Structur, er geht in ein phonolitähnliches Gestein über.“ In allen übrigen waren die grösseren Einsprenglinge häufig und in der Grösse, dass sie dem Gestein porphyrtartiges Aussehen gaben. Als grössere Einsprenglinge erscheinen hier Plagioklas, Augit und Glimmer. Das relative Verhältniss besonders der beiden letzteren Gemengtheile wechselte insoferne, dass in einigen Gesteinen der Glimmer über den Augit die Oberhand gewann, aber auch, was seltener war, dass der Glimmer gegen den Augit zurücktrat. Als weitere Gemengtheile waren hier Orthoklas, Apatit und Magnetit entwickelt.

Der Plagioklas, als der häufigste Bestandtheil, erscheint hier in wohlentwickelten Krystallen, deren ausgezeichnete Zwillingstreifung theilweise oder ganz nur dann verschwindet, wenn ein Theil oder ein ganzer Krystall durch Zersetzung verändert und undurchsichtig gemacht worden ist. Nicht selten sieht man an den Plagioklasen den schönsten zonalen Bau, der aber auch durch beginnende Zersetzung wolzig verdeckt und unterbrochen erscheint. Hie und da sieht man auch, wie sich zwei grössere Sammelindividuen zu einem Karlsbader Krystallzwilling vereinigen. Die Krystalle sind oft mit unregelmässigen Sprüngen durchzogen.

Die Plagioklase sind hier gewöhnlich reich an verschiedenartigen Einschlüssen. Als treuester Begleiter des Plagioklases ist der Apatit zu erwähnen. Man wird selten ein grösseres Individuum treffen, in dem man nicht mehrere Apatitkrystalle eingeschlossen

finden könnte. Die Apatite erscheinen da in zierlichen, feinen, quergliederten Nadeln, aber auch in dickeren Krystallen. Apatit ist der einzige Einschluss, der den Plagioklas in seiner Form unverändert überlebt, und der uns neben den noch gut erhaltenen Formen der Plagioklase in den zersetzten und in Opal umgewandelten Andesiten erzählt, dass hier eine durchgreifende Metamorphose stattgefunden habe. — Als individualisirte Einschlüsse sind in den Plagioklasen noch einzelne Augitkörner und Glimmerblättchen zu erwähnen. Der Glimmer erscheint hier in grünen und gelblichen Fetzen, die man als Glimmer leicht durch Vergleich mit dem frei im Gestein entwickelten erkennen kann. Weiter findet man in den Plagioklasen sehr oft Gasporen, Einschlüsse von Glas und Grundmasse, und gerade diese Einschlüsse sind es, welche bei der Zersetzung, wie wir sehen werden, eine grosse Rolle spielen. Die grösseren Glaseinschlüsse erscheinen in unregelmässigen oder vierseitigen Umrissen. Die feinen Einschlüsse erscheinen so dicht gedrängt, dass sie den Krystall staubartig trüben. Die staubartige Trübung zieht sich immer unweit von der Krystalloberfläche wie ein Ring in dem ganzen Krystall herum.

Der Sanidin erscheint in dem Gestein äusserst selten.

Der Augit fehlt keinem der untersuchten Gesteine, wenn er auch nicht immer in grösserer Menge erscheint. Meist sieht man ihn in kleineren kornartigen Krystallen, die sich gewöhnlich zu Haufen und Gruppen gesellen. Die grösseren Krystalle erscheinen meist einzeln im Gestein zerstreut. An den Augitkrystallen sind die Prismenflächen gut entwickelt, so dass sie gewöhnlich den Pinakoidflächen das Gleichgewicht halten und manchmal sogar grösser erscheinen. Die Zwillinge nach dem Orthopinakoid sind nicht selten; in einem vielfach verzwilligten Individuum zählte ich 10 interponirte Lamellen, und Zwillinge mit 4 bis 5 interponirten Lamellen sind sehr häufig. In einem Schliff von dem Andesit aus dem Nordende der Klause fand ich zwei längere Augitkrystalle zu einem Durchkreuzungszwilling nach einer Domfläche verbunden. Die Farbe der Augite ist im auffallenden und durchfallenden Licht hell bis grasgrün und der Pleochroismus sehr schwach.

Die Einschlüsse im Augit sind sehr häufig und manchmal erscheinen einzelne Augite mit Einschlüssen ganz gespickt und getrübt. In den häufigen rundlichen Glaseinschlüssen ist das Bläschen

gut zu sehen. Die schönsten Apatitkrystalle und dann die grün und gelb gefärbten Glimmerfetzen sind hier wie auch in den Plagioklassen eine häufige Erscheinung. Die Einschlüsse sind es auch hier, von denen sich die Zersetzung am raschesten verbreitet.

Der Glimmer, und zwar Magnesiaglimmer, nimmt zwischen den grösseren Einsprenglingen der Menge nach beinahe immer den zweiten Platz ein. Die sechsseitigen Blätter, sowie auch die langen Längsschnitte sind mit einem schwarzen, opacitischen Rand umgeben, der entweder aus frischem oder aus in Zersetzung begriffenem Magnetit besteht. In diesem Stadium haben die Glimmerblätter eine dunkelbraune Farbe. Ausser den braunen Glimmerblättchen erscheinen gewöhnlich noch gelb und grün gefärbte, und da sind die gelben Blätter zum grössten Theil und die grünen ganz frei von Magnetit, so dass hier offenbar die Färbung mit der Zersetzung des Magnetits in Zusammenhang steht. Sogar einzelne Blätter, die theilweise braun und gelb, oder gelb und grün gefärbt sind, zeigen dieselbe Erscheinung.

Der Glimmer zeigt in den meisten Gesteinen sowohl auf den basischen Blättern, sowie auch auf den Längsschnitten eine regelmässige Streifung, die den Gleitflächen des Glimmers entspricht. Die Streifung an den sechsseitigen Blättern der Gleichenberger Gesteine erwähnt schon Hussak. Die Streifung erscheint hier als ein dreifaches Strichsystem, das sich unter 60° und 120° schneidet und dieselbe Lage hat, die wir bei den durch Druck erzeugten Spaltungslinien treffen.

Die Spalten und Risse dieses Strichsystems sind mit Eisenoxydhydrat oft ausgefüllt.

An den Längsschnitten des Glimmers sieht man neben der gewöhnlichen lamellaren Längsstreifung zwei Systeme von Linien — Hussak erwähnt sie nicht — die sich oft unter einem Winkel von beiläufig 60° und 120° kreuzen und die dann beiderseits ziemlich symmetrisch zu der Längsstreifung liegen. Sie stehen im Zusammenhange mit dem Strichnetz der basischen Blättchen und sind desselben Ursprungs.

Der Glimmer enthält sehr oft eingeschlossen Magnetitkörner und Apatitnadeln. Manche sechsseitige Glimmerblätter erscheinen als ein Haufwerk von Magnetitkörnern und Glimmerblättchen, worunter sich oft grössere oder kleinere Plagioklasleisten hinein-

drängen. Einige Blätter auf der Basis gesehen zeigten einen zonalen Bau.

Der Apatit erscheint so regelmässig und in einer solchen Menge, dass man ihn als einen wesentlichen Bestandtheil der Gleichenberger Andesite ansehen kann. Man sieht ihn nicht nur als beinahe nie fehlender Einschluss in Plagioklas, Augit und Glimmer, sondern auch in der ganzen Grundmasse zerstreut. Er kommt hier entweder in längeren oder kürzeren quergegliederten Säulen oder in kurzen dicken Krystallen vor. Die letzteren zeigen immer eine basische Spaltbarkeit, haben gut entwickelte Pyramidenflächen, erscheinen in Längsschnitten, ähnlich wie die Apatite der Trachyte vom Demavend, die Blaas¹⁾ beschrieb, durch bräunliche Einschlüsse wie gestreift und im Querschnitte punktirt. Ausserdem findet man in ihm Glaseinschlüsse in Form negativer Krystalle.

Der Magnetit ist auch ein constanter Bestandtheil der Gleichenberger Andesite, aber bei der beginnenden Zersetzung ist er der erste, der aus dem Gestein vollständig verschwindet.

Hornblende war, wie schon Partsch erwähnt, in keinem der untersuchten Gesteine zu finden.

Ausser diesen erwähnten Bestandtheilen findet man in den Dünnschliffen noch einige Mineralien, die als secundäre Bildungen im Gestein auftreten. Von ihnen wird weiter unten die Rede sein.

Die Grundmasse der untersuchten Andesite besteht aus einem Aggregat von Plagioklasleisten, Augitkörnern, Glimmerblättchen und Magnetitkörnern. Zwischen diesen mikrokrySTALLINEN Bestandtheilen sieht man meist in geringer Menge eine globulitisch entglaste Glasmasse, die sich ganz isotrop erweist.

Alle die untersuchten Gesteine zeigen u. d. M. in grösserem oder kleinerem Verhältniss höchst interessante Veränderungen und Zersetzungsproducte. Bei vorgeschrittener Zersetzung zeigen die Gesteine, wie ich erwähnte, schon makroskopisch, dass in dem Gestein Vorgänge stattgefunden haben, die auf eine weitgreifende Veränderung deuten.

Einige der Gesteine zeigen äusserlich kleinere Hohlräume, die hie und da auch theilweise mit Opal belegt erscheinen. Bei den meisten der veränderten Gesteine sieht man nur, wie sich die grös-

¹⁾ Diese Mitth. Bd. III, pag. 476.

seren Feldspäthe mit einer weissen Kruste überzogen und die kleineren ganz in dieselbe weisse Substanz umgewandelt haben. Man glaubt beim Anblick dieser sonst oft ganz compacten Gesteine, dass sich die Zersetzung im Gesteine nur auf den Feldspath beschränkt habe. Das Mikroskop zeigt uns zwar, dass wohl die Zersetzung in den Feldspäthen grössere Dimensionen angenommen habe, lehrt uns aber zugleich, dass von ihr auch die übrigen Bestandtheile nicht verschont blieben.

Der Feldspath zeigt die deutlichsten und interessantesten Veränderungen, die bei keinem anderen Bestandtheil so instructiv und zum Studium geeignet sind. Bei genauer Betrachtung sieht man, dass es bei dem Feldspath erstens die den Krystall unregelmässig durchziehenden Sprünge, dann der bei einigen vorhandene zonale Bau und zuletzt die verschiedenen Einschlüsse sind, bei denen die Zersetzung ihren Anfang nimmt, um dann von da weiter zu greifen.

Bei beginnender Zersetzung erscheinen die Wände der Sprünge mit bräunlichen Zersetzungsproducten gefärbt. Zugleich erscheinen die feinen Zwillingstreifen, sowie auch die zonalen Umriss der zonal gebauten Krystalle wolkig getrübt und unterbrochen und partienweise verschwinden sie ganz. Durch die Sprünge hat sich die Zersetzung zu den Einschlüssen verbreitet. Die Einschlüsse, die der Krystall gastfreundlich in sein Haus aufgenommen hat, sind die ersten, die mit dem eintretenden Feind in Verbindung treten, um das Werk der Zerstörung zu vollenden. Die grösseren Einschlüsse sind gewöhnlich gegen die Mitte des Krystalls angehäuft und bei zonal gebauten nehmen sie oft eine zonale Lage ein. Ist die Zersetzung durch die Sprünge zu ihnen gedungen, so fangen sie an, sich zu trüben, so dass man sie bald ihrem Wesen nach nicht mehr erkennt. Die Trübung dringt von einem Einschluss zum andern, die Einschlüsse verbinden sich und die Trübung erfüllt bald den ganzen inneren Raum des Krystalls, wobei der äussere Theil des Krystalles noch ganz klar und unverändert sein kann. Aus dem Inneren verbreitet sich die Zersetzung nach Aussen. Bei fortschreitender Trübung zeigen sich zuerst kleinere und dann grössere gelblich gefärbte isotrope Flecke von Opal.

Bei dem grösseren Theil der Krystalle fängt aber die Umwandlung von aussen an und schreitet gegen den inneren Theil zu,

weil die meisten Feldspäthe einen gegen die Peripherie gelegenen Kranz von staubartigen Einschlüssen enthalten, wo die Zersetzung ihren Eingang findet. Hat die Zersetzung da schon begonnen, so sieht man, wie sich von der staubartigen Zone schmale Ausläufer in den inneren unzersetzten Theil hineindrängen. In der staubartigen Zone zeigen sich zuerst gelbe Punkte, die sich dann zu unregelmässig geformten Flecken ausbreiten. Die einzelnen Arme dieser Flecken breiten sich weiter aus und begegnen die benachbarten Flecke und bilden so eines der zierlichsten netzartigen Maschinenwerke. Die kleineren Flecke, Netze, Bänder und Schnüre verbinden sich oft zu grösseren unregelmässigen Flecken. Sie haben eine rauhe, schwach gekörnelte Schliffoberfläche. Im durchfallenden Licht erscheinen sie meist schwach gelb und im auffallenden Licht grau gefärbt. Sie sind vollständig isotrop. Die Structur, die einfache Lichtbrechung und dann die aus denselben Andesiten entstandenen Halbopale, von denen später die Rede sein wird, beweisen genügend, dass diese Flecke, Netze und Schnüre wirklich aus einer Opalmasse bestehen. — Hat sich dieses Netzwerk noch nicht durch den ganzen Krystallraum ausgebreitet, so sieht man in dem noch unveränderten Krystallkern die Zwillingleisten hell hervorleuchten, und bei günstigen Schnitten, wo der Schliiff die obere Fläche getroffen hat, erscheint die ganze Oberfläche mit einem Netzwerk überzogen, und darunter sieht man noch die ungetrübten Zwillingleisten. In demselben Schliiff, wo die grösseren Krystalle nur theilweise verändert sind, sieht man gewöhnlich die kleineren Individuen ganz gekörnelt und getrübt, aber daneben auch ganz unveränderte und frische Krystalle.

Bei eingetretener, wie auch bei vorgeschrittener Umwandlung der Feldspathkrystalle sieht man immer einen Einschluss, und zwar den Apatit, an dem die Zersetzung, die den Feldspath in ein Aggregat von amorpher Kieselsäure umzuwandeln strebt, wirkungslos vorbeigeht. Wenn nicht die Farbe und die Trübung des veränderten Feldspathes die eingeschlossenen Apatitnadeln verdeckt, so trifft man die Apatitnadeln in einem solchen Zustand, dass es unmöglich ist, an ihnen eine Spur von Veränderung zu entdecken. Die Natur hat dafür gesorgt, dass einer der wichtigsten Gemengtheile der krystallinischen Gesteine, der in der Oekonomie des Pflanzenlebens eine so wichtige Rolle spielt, nicht so leicht zersetzt und abgeführt wird.

Den Gang der Umwandlung kann man bei den Augiten bei weitem nicht so deutlich verfolgen, wie bei den Feldspäthen. Es ist daran die Farbe des Augites selbst und dann die Farbe der Zersetzungsproducte schuld. Die Veränderungen selbst verlaufen hier nicht so gleichmässig, wie bei dem Feldspath, das Endresultat aber von allen diesen Veränderungen ist immer dasselbe, nämlich eine Umwandlung in Opal.

Die frischen Augitkrystalle erscheinen, besonders wenn sie mit Einschlüssen nicht überfüllt sind, hell grün gefärbt und ungetrübt durchsichtig. Ist der Augit aber schon in Zersetzung begriffen, so wird seine helle grüne Farbe dunkelbraun und schmutzgrün. Auch hier sind es, wie bei dem Feldspath, die unregelmässig den Krystall durchziehenden Sprünge, durch welche die Zersetzung zu den Einschlüssen gelangt; ausserdem drängt sie sich auch zwischen die Zwillingslamellen, sie geht aber auch schrittweise von allen Punkten des Umfanges gleichmässig in den Krystall hinein.

Die Umwandlung mancher Augite beginnt mit einer chloritischen oder viriditischen Zersetzung, die sich entweder nur auf die Sprünge beschränkt oder den ganzen Krystall einnimmt. Die Augite in dem Gestein aus der Mitte der Klause waren manchmal auch ganz zerfasert. Bei dem grösseren Theil der Augite aber fehlt diese viriditische Zersetzung. Die Sprünge sieht man da mit Eisenoxydhydrat gefärbt und in deren Nähe erscheint eine feingekörnte Trübung. In dem Krystall sieht man dann eine grössere Anzahl von lichten Flecken von Opal. Von den Sprüngen, sowie auch von den Zwillingslamellen dringt bei einigen Augiten (z. B. am Birkblössenkogel) die Zersetzung und Trübung in den feinsten dendritischen und eisblumenartigen Formen in das Innere des Krystalles hinein. Wo die Zersetzung gleichmässig vom Rand aus in den Krystall hineindringt, da erscheint der Rand gewöhnlich mit Eisenoxydhydrat gefärbt. Die kleineren Augite erscheinen gewöhnlich als schmutzbraungelb gefärbte Flecke, die aber immer noch deutlich die Umrisse des Augites zeigen. Bei allen etwas grösseren Krystallen trifft man eine gekörnelte oder gefleckte Trübung, die sich zum grösseren Theil als isotrop erweist.

Die Umwandlung des Glimmers beschränkt sich zumeist nur auf die Veränderung der Farbe, die durch Abführung der Eisenverbindungen hervorgerufen wurde.

Bei der beginnenden Zersetzung in der Grundmasse wird zuerst der grösste Theil des Magnetits zersetzt und abgeführt. Die Contouren der einzelnen mikrokrySTALLINEN Bestandtheile werden zugleich undeutlich, sie verschwimmen ineinander, aber die einzelnen in der Grundmasse zerstreuten Apatitkrystalle leuchten um so deutlicher hervor. Als Zersetzungsproducte trifft man in der Grundmasse, wie auch in den Plagioklasen dieselben gelben Flecke von isotropem Opal. Die Form dieser kleineren und grösseren Flecke zeigt uns deutlich, dass die Opalmasse hier an Ort und Stelle entstanden und nicht eingewandert sei. Den grössten Theil der Zersetzungsproducte findet man in den kleinen mikroskopischen Klüften und Hohlräumen der Grundmasse abgelagert. Wir treffen hier weit verbreitet den Siderit, welcher bei mikrochemischer Untersuchung mit Salzsäure die charakteristische Reaction zeigte und in einem Falle habe ich auch den Kalkspath nachweisen können. Der Siderit bildet hier grössere oder kleinere Kugeln, dann schalige und verschiedenartig gerundete Aggregate, an denen man gewöhnlich eine radiale Structur und oft eine blätterige Spaltbarkeit wahrnimmt. Er ist farblos oder grauweiss gefärbt, oft aber erscheint er am Rand durch Eisenoxydhydrat braun gefärbt. Als ein weiteres Zersetzungsproduct, das hie und da die Hohlräume der Grundmasse ausfüllt, finden wir den Opal. Er erscheint hier in verschiedenartig gewundenen Schnüren und Strängen von weisser Farbe. Der Opal erscheint auch eng verbunden mit Carbonaten in einer Weise, die dafür spricht, dass der Opal hier die Carbonate verdrängt hat.

In den Klüften mit dem Siderit zusammen findet man oft radialfaserige durchsichtige Kugeln, die deutlich krystallinisch und doppelbrechend sind, die sich aber im Schliiff nach längerem Kochen in concentrirter Salzsäure und Schwefelsäure nicht im mindesten veränderten; es wäre möglich, dass das Tridymitaggregate sind.

Als eine mit dem Opal in Zusammenhang stehende Bildung, die ich in Klüften und Hohlräumen zweier Gesteine fand, muss ich den Chalcedon erwähnen. Er fand sich in einem gelblichen Andesit, welcher unterhalb einer Partie stark zersetzten Andesits in der Mitte der Klause auftritt. Schon mit freiem Auge sieht man, wie alle Hohlräume des Gesteins mit Chalcedon erfüllt sind. Der Chalcedon erscheint hier in trauben- und nierenförmigen Gestalten. U. d. M. sieht man, dass sich der Chalcedon hier zwischen die

noch ganz frischen Bestandtheile eingelagert hat. Die ungetrübt durchsichtigen Partien von Chalcedon zeigen schon im gewöhnlichen Licht eine radiale büschelförmige Structur.

Zwischen gekreuzten Nicols tritt diese faserige, büschelförmige Structur mit lebhaften Polarisationsfarben stark hervor. In der Mitte dieser faserigen Aggregate sieht man oft kleinere Quarzkörner. Die milchig getrübten Partien des Chalcedons bestehen aus radial geordneten unendlich feinen Nadeln; sie polarisiren sehr schwach und zeigen bei gerundeten Formen ganz deutlich das dunkle Kreuz, welches an allen radialfaserigen durchsichtigen Aggregaten beobachtet wird.

Das zweite Handstück, in dem der mikroskopische Chalcedon auftritt, stammt von Absetz bei Schaufelgraben. Der Chalcedon erfüllt hier ganz, den Carbonaten ähnlich, meist lang gezogene Klüfte in Form von nierenförmig gewundenen Wülsten, die eine quergehende Faserung zeigen. Er ist hier schmutziggelb gefärbt. Neben Chalcedon erscheinen hier oft zusammen in einem Hohlraum hell gefärbte Partien von isotropem Opal.

Mit der Bildung der Gleichenberger Halbopale stehen zum Theil auch die im Gebiete der Andesite vorkommenden und schon mehrfach als Alaunsteine beschriebenen erdig zersetzten Andesite in Verbindung. Partsch, Fridau und Andrae erwähnen und beschreiben diese Gesteine und von Fridau haben wir auch eine Analyse.

„An mehreren Orten im Trachytgebiete“, schreibt Andrae (pag. 6), „begegnen wir noch einigen Mineralien, welche aus einer Metamorphose des Trachyts hervorgegangen sind, als: Alaunfels, Halbopal, gemeiner Opal und Chalcedon, wovon letztere drei namentlich auf Klüften abgesetzt erscheinen (!) oder das grösstentheils sehr veränderte Muttergestein in Schnüren durchziehen. In der Klamm (Klause) beobachtete ich die halbopalartigen und Alaunfelsmassen in drei auf einander folgenden gangartigen Partien, vergesellschaftet und in Verbindung mit dem felsitähnlichen Trachyt. In manchen Stücken, die schon ganz das Aussehen von Alaunfels oder Halbopal haben, konnte man auch sehr deutlich kaolinartige oder pseudomorphe Flecke von Feldspath wahrnehmen. Im östlichen Gebiet fand ich dieselben Mineralien im Verfolge des Weges durch den Ortgraben nach Gossendorf an zwei ziemlich entfernten

Punkten. — Hier sammelte ich perlgrau gefärbte Alaunfelsmassen von sehr dichtem, halbpopalartigem Aussehen, mit kleinen vereinzelt Feldspathflecken und von so fein vertheiltem Schwefelkies durchdrungen, dass sich ihr bedeutendes specifisches Gewicht sofort bemerkbar machte.

Schon Partsch erwähnt das Vorkommen von Schwefeleisen in den Gesteinen aus der Klamm, und bemerkt dabei, dass sich durch Verwitterung ein Ueberzug von Eisenvitriol bilde.

Was nun diese beobachtete Umbildung des Trachyts in Alaunfels und die damit verbundene amorphe Kieselsubstanz betrifft, so scheint der Impuls dazu allerdings in eine Zeit zu fallen, wo noch vulkanische Thätigkeit herrschte und Schwefelwasserstoff-Exhalationen durch Oxydation die Schwefelsäure lieferten, die das Thonerdesilicat des Trachyts zersetzte; gleichwohl spricht das so häufige Schwefeleisen unzweifelhaft dafür, dass dieser Zersetzungsprocess auch in der Gegenwart wirksam ist, indem die oben angeführten chemischen Operationen jetzt durch letzteres Mineral hervorgerufen werden.“

Die mikroskopische Untersuchung dieser stark zersetzten Gesteine zeigt zwar bis zu einem gewissen Grad Aehnlichkeit mit den Alaunsteinen, von denen ich die von Erdöbenye und Nagy-Hegý zum Vergleich genommen habe, belehrte mich aber zugleich, dass hier die Umwandlung und Zersetzung eine andere gewesen sein muss. Die erwähnten ungarischen aus dem Rhyolith entstandenen Alaunsteine bestehen aus Alunit neben etwas Kaolin und ursprünglichem Quarz. Alle übrigen Bestandtheile des Rhyoliths sind entweder ganz zerstört und verschwunden oder sind erfüllt mit zierlichen kleinen Rhomboëdern von Alunit.

In den Gleichenberger Gesteinen sieht man aber mikroskopisch neben den alunitartigen, erdigen Zersetzungsproducten noch grössere und kleinere Opalflecke, wie ich sie oben bei den Andesiten beschrieben habe, und dann die zum grössten Theil in Opal umgewandelten Feldspäthe, Augite und Glimmer in schön erhaltenen Formen. Es spricht das deutlich dafür, dass hier die Umwandlung nicht durch die Einwirkung der Schwefelwasserstoffdämpfe geschah. Hier war es die Schwefelsäure, die sich bei der Zersetzung des oft vorkommenden Schwefeleisens bildete, welche die theilweise Umwandlung des Gesteines in Alunit bewirkte, wo-

bei sich aber auch Opal in ähnlicher Weise wie bei den früher erwähnten Andesiten durch Einwirkung des kohlensäurehaltigen Wassers bildete.

Fridau analysirte eines dieser Gesteine und fand:

Kieselsäure	50·711
Schwefelsäure	16·505
Eisenoxyd	1·130
Thonerde	19·063
Kalkerde	0·558
Bittererde	0·407
Kali	3·974
Kieselsaures Kali	0·307
Schwefelsaure Magnesia	0·058
Chlormagnesium	0·033
Wasser	7·231
	<hr/>
	100·007.

Die grosse Menge der gefundenen Schwefelsäure brachte mich auf die Vermuthung, dass wahrscheinlich Fridau zufällig auf ein Gestein kam, das durch locale Verhältnisse eine grössere Menge von Schwefelsäure aufgenommen habe. Eine Bestimmung auf Schwefelsäure, die ich vornahm, bestätigte meine Vermuthung, was mich bewog, eines der typischen Gesteine dem Herrn T. Kertscher zur Analyse zu übergeben, deren partielles Resultat ich hier anführen will:

Kieselsäure	47·24
Schwefelsäure	10·37
Thonerde	21·05
Eisenoxyd	8·13
Wasser	8·52.

Die untersuchten Gesteine stammen alle aus der Klause und entsprechen ganz den verschiedenen Abänderungen des Andesites, die in der Klause vorkommen. Obwohl alle ein erdiges Aussehen haben, so besitzen doch die meisten eine beträchtliche Härte. Die meisten sind weissroth gefärbt, die Färbung ist aber nicht gleichförmig im Gestein vertheilt. Einzelne Partien sind mehr weiss, andere wieder mehr roth gefärbt. Ausser den grösseren Einsprenglingen sieht man oft makroskopisch, wie die Opalmasse in unregelmässigen Schnüren das Gestein durchzieht.

Im Dünnschliff erkennt man u. d. M. leicht die Feldspath-, Augit- und Glimmerpseudomorphosen, da sie noch gut erhaltene Contouren besitzen.

Der Feldspath hat nur noch seine Gestalt behalten, sonst ist er ganz in Opal umgewandelt. Die Opalmasse durchzieht den Krystall in Strängen und Bändern, füllt aber den Krystallraum nicht ganz aus, sondern bildet viele Hohlräume. In manchen Krystallen sieht man die Flecken und Bänder von Opal in derselben Form und Farbe, wie sie in den Andesiten zu sehen waren. Im Opal sieht man oft noch zierliche Apatitnadeln eingeschlossen. Zwischen gekreuzten Nicols erweist sich die Opalmasse, mit Ausnahme einzelner doppelbrechender Partikelchen, ganz isotrop. Die doppelbrechenden Körperchen erscheinen in Form von kleineren oder grösseren Schüppchen. Die grösseren Schuppen haben unregelmässige Contouren und zeigen ein blättriges Aussehen. Diese doppelbrechenden Schüppchen sind nicht nur, wie wir sehen werden, in den erdig zersetzten Andesiten, sondern auch in den aus dem Andesit entstandenen Halbopalen sehr verbreitet. Dass diese Schüppchen höchst wahrscheinlich aus Kaliglimmer bestehen, geht aus einer Analyse von einem aus Andesit entstandenen Halbopal, von dem später die Rede sein wird, in dem dieselben Schüppchen in grosser Anzahl erscheinen, deutlich hervor. Die Analyse von dem Halbopal, die ich schon hier anführen muss, weil sie uns allein zur Deutung dieser Schüppchen führen kann, ist von Max Schuster.

Kieselsäure	74·45
Thonerde	10·31
Eisenoxyd	0·86
Eisenoxydul	0·37
Kalk	0·72
Kaliumoxyd	2·37
Natriumoxyd	0·93
Wasser	9·80

	99·81.

Derselbe Halbopal besteht u. d. M. aus durchsichtiger und getrübter Opalmasse, dann aus Eisenoxydhydrat-Partikelchen und den eben erwähnten doppelbrechenden Schüppchen. Deutliche Feldspathpartikelchen sind nicht nachweisbar. Wenn wir die Analyse

mit dem mikroskopischen Bild vergleichen, so dürfen wir leicht annehmen, dass die grosse Menge von Kali, die die Analyse aufweist, nur in den erwähnten Schüppchen zu suchen ist. Wenn wir bedenken, dass diese Schüppchen keine Ueberreste von Feldspath, sondern Neubildungen sind, und wenn wir ihr blättriges Aussehen in Betracht ziehen, so können wir sie nicht leicht anders denn als neugebildete Kaliglimmerblättchen deuten. Eine ähnliche Bildung von Kaliglimmer hat schon früher Tschermak bei der Zersetzung von Labradorit beobachtet und nachgewiesen¹⁾.

Wenn wir in der Analyse vorläufig die Menge von Eisenoxyd und Oxydul vernachlässigen und die gefundenen Mengen der übrigen Bestandtheile mit ihren Gewichtszahlen dividiren, so erhalten wir folgendes Verhältniss:

$Si\ O_2$	$Al_2\ O$	CaO	$K_2\ O$	$Na_2\ O$	$H_2\ O$
12·40	1·00	0·12	0·25	0·15	5·44.

Ist nun die ganze Menge von Kali in diesen Glimmerschüppchen chemisch gebunden, so erhalten wir dem entsprechend im Kaliglimmer:

$Si\ O_2$	$Al_2\ O$	—	$K_2\ O$	—	$H_2\ O$
1·50	0·75	—	0·25	—	0·50

und ziehen wir das von den obigen Zahlen ab, so bleibt nur noch

10·90	0·25	0·12	—	0·15	4·94,
-------	------	------	---	------	-------

wobei die noch übrig gebliebene Menge von Thonerde, Kalk und Natron in Form von winzigen Ueberresten eines Kalknatronfeldspathes, der aber mikroskopisch nicht zu sehen ist, vorhanden sein kann. Der Halbpal würde darnach bestehen aus beiläufig:

20	Percent	Kaliglimmer
6	,,	Oligoklas
70	,,	Opal
1	,,	Limonit.

Die Formen des Augites sind so gut erhalten, dass man an ihnen noch deutlich die Winkel messen kann. Auch an ihnen sieht man, dass die Prismenflächen so stark wie die Pinakoidflächen entwickelt sind. Das Innere des Augites ist immer total umgeändert. Es durchziehen ihn unregelmässig gewundene Stränge

¹⁾ Tschermak, Mineralog. Mittheil. 1874, pag. 269 und 1875, pag. 41.

und Bänder von Opal, erfüllen aber auch hier nicht den ganzen Krystall, sondern bilden grössere oder kleinere Hohlräume. Die Opalmasse im Augit ist durch braunrothe Körner meist dunkler gefärbt, als bei dem Feldspath. Daneben findet man immer mehr oder weniger doppelbrechende Schüppchen von Kaliglimmer.

Der Glimmer erscheint in ganz deutlichen lamellaren Längsschnitten und sechsseitigen Blättern und ist beinahe immer mit einem dunkelgefärbten Rand versehen. Die Zersetzung und Umwandlung des Glimmers ist hier noch nicht zu Ende geführt. Die Umwandlung hat immer vom äusseren Rand begonnen, hat sich meist gleichmässig gegen das Innere verbreitet. In der Mitte des Glimmers findet man nicht selten noch einzelne unveränderte Streifen. Sie sind braungelb gefärbt, stark dichroitisch und löschen gerade aus. Die veränderten Theile des Glimmers sind milchigweiss gefärbt, und mit Ausnahme einzelner doppelbrechender Punkte ganz isotrop. In diesen veränderten Theilen sieht man bei den Längsschnitten die lamellare Streifung durch dunklere Striche angedeutet, und bei einem ganz weissen sechsseitigen Blatt sah ich noch ganz deutlich die früher erwähnten drei unter 60° und 120° sich kreuzenden Strichsysteme, ein Beweis, dass die Umwandlung hier eine langsame gewesen sein muss.

Die Grundmasse dieser Gesteine ist gänzlich verändert. Sie besteht zum grössten Theil aus einem erdigen, gekörnelten Haufwerk in ganz ähnlicher Weise, wie ich sie bei den ungarischen Aluniten gesehen habe. Diese weisse Alunitmasse ist partienweise dunkel oder röthlich gefärbt und die Färbung rührt grösstentheils von deutlichen Eisenoxydpartikelchen her. In dem Alunit liegen noch unzählige feine doppelbrechende Schüppchen, ähnlich denjenigen, von welchen früher die Rede war.

In dieser veränderten Grundmasse erscheinen die lichtgelben, meist in die Länge gezogenen Opalflecke, die schon bei den in Zersetzung begriffenen Andesiten beschrieben sind. Sie haben hier meist grössere Dimensionen erreicht und sind vollkommen isotrop. Daneben findet man oft Flecke, die gewöhnlich röthlichgelb gefärbt erscheinen, und die so stark polarisiren, dass man glauben möchte, man habe vor sich Chalcedonflecke. Diese stark doppelbrechenden Flecke erscheinen meist für sich allein, sie kommen aber auch mit den isotropen Flecken zusammen, wo sie dann entweder einzelne

Theile des Randes oder die Mitte der isotropen Fläche einnehmen. Die doppelbrechenden und isotropen Flecke zeigen bei der stärksten Vergrößerung nicht den mindesten Unterschied, beide erscheinen fein gekörnelt, in ähnlicher Weise, wie man das bei amorphen Bildungen sieht. In einzelnen Fällen haben sie auch eine ganz gleiche Farbe. Die doppelbrechenden Theile zeigen aber immer concentrische — selten unregelmässige — Sprünge, so dass man die Doppelbrechung nur als eine Folge der Contraction zu betrachten hat. Möglicher Weise hat das Färbemittel in den meisten Fällen die grössere Contraction verursacht. In Erwägung aller dieser Thatsachen muss ich auch diese stark doppelbrechenden Partien als Opal erklären.

Wenden wir uns jetzt zu den letzten Umwandlungsproducten der Gleichenberger Andesite, zu den Halbopal en selbst.

Wir haben gesehen, dass die Zersetzung der Andesite zwei Richtungen genommen habe. Bei der ersten Gruppe der beschriebenen Gesteine war es das kohlen säurehaltige Wasser, das die gesammte Zersetzung und Umwandlung bewirkte. Bei der zweiten Gruppe kam noch die Einwirkung der Schwefelsäure dazu und bewirkte die theilweise Umwandlung der Gesteine in Alunit. Durch weitere Zersetzung der Gesteine aus beiden Gruppen sind Halbopale entstanden, die man ganz gut ebenfalls in zwei Gruppen theilen kann, je nachdem sie aus demselben andesitischen Gestein durch einen oder den anderen Process entstanden sind.

Die Halbopale der ersten Gruppe zeichnen sich durchaus durch eine helle, meist weissgelbliche Farbe, die ziemlich gleichmässig im Gestein vertheilt ist und durch eine sehr vollkommene Erhaltung der grösseren gesteinsbildenden andesitischen Gemengtheile aus. Die zweite Gruppe ist braunroth gefärbt. Die Färbung erweist sich im Dünnschliff als ungleichmässig vertheilt und ein grosser Theil der grösseren Einsprenglinge ist durch energische Zersetzung, die hier stattgefunden haben muss, zerstört. Meine Vermuthung, dass die Halbopale dieser zweiten Gruppe eine höchst geringe Menge von Schwefelsäure enthalten müssen, bestätigte sich, indem die Analyse in ihnen sogar 1·7 Percent Schwefelsäure nachwies. Die Halbopale der ersten Gruppe zeigten keine Spur von Schwefelsäure.

Der schönste Halbopal der ersten Gruppe stammt aus der Klause. Er zeigt es am deutlichsten, wie aus einem Gestein durch totale Umwandlung ein Opal entstehen kann.

Das Gestein ist gelblichgrau gefärbt, zeigt einen schwachen opalartigen Wachsglanz und besitzt einen deutlichen muscheligen Bruch. Schon makroskopisch sieht man in ihm deutlich die Krystallumrisse der einzelnen andesitischen Einsprenglinge.

Die Feldspathpseudomorphosen erscheinen hier im Halbopal meist in grösseren Krystallformen mit deutlichen Umrissen. Das Innere der Feldspathpseudomorphosen ist zum grössten Theil mit band- und strangförmig angeordneter, ganz isotroper weisser Opalmasse ausgefüllt. In der Opalmasse sieht man noch deutliche Umrisse von einzelnen Apatitnadeln.

Der in Opal umgewandelte Augit erscheint, wie auch in den Andesiten, entweder in einzelnen grösseren oder in kleineren scharf begrenzten Pseudomorphosen, die sich dann zu Haufen und Gruppen vereinigen. Die Umrisse der Augitpseudomorphosen erscheinen sehr scharf und die Formen sind dieselben wie bei den Andesiten. Die Opalmasse erfüllt zum grossen Theil den ganzen Krystallraum und enthält oft deutliche Umrisse von Apatitnadeln. Die Sprünge, die bei der Zersetzung der Augite eine grosse Rolle gespielt haben, sind hier noch durch dunkle verzweigte Linien angedeutet. Das Innere der Pseudomorphose ist ganz isotrop und selten sieht man in ihr einzelne doppelbrechende Schüppchen.

Der oft vorkommende Glimmer ist auch ganz in Opal umgewandelt. Der Rand der Glimmerpseudomorphose ist immer etwas dunkel gefärbt und die lamellare Streifung der Längenschnitte ist durch dunkle Striche angedeutet.

Die Grundmasse, wenn ich den Ausdruck hier noch benützen darf, erscheint wie fein gekörnelt. Sie ist weiss und durch etwas Eisenoxydhydrat gleichmässig durch das ganze Gestein gefärbt. In dieser isotropen Grundmasse liegen noch viele doppelbrechende winzige Schüppchen, von denen ich schon früher zeigte, dass sie wahrscheinlich aus Kaliglimmer bestehen. Die Substanz für die Analyse des Halbopals, die ich dabei angeführt habe, ist von diesem Handstück entnommen.

Ein zweiter diesem sehr ähnlicher Halbopal war ein rundes Geröllstück aus dem Conglomerat vom Eingang der Klause. An

der Bruchfläche dieses Stückes sieht man rundliche grössere und kleinere Flecke, die sich u. d. M. als durch Opal erfüllte Hohlräume erwiesen. Die Grundmasse des Halbopals besteht aus fein gekörnelter Opalmasse, in der lichter gefärbte rundliche Partien von Opal, die als Ausfüllung der Hohlräume erscheinen, liegen. Die im Schliff oft vorkommenden Feldspath- und Glimmerpseudomorphosen sind den früheren ganz ähnlich.

Zwei Handstücke von Halbopal aus dem Eichgraben besitzen eine weisse, in's gelbliche gehende Farbe und einen deutlichen muscheligen Bruch. Bei dem ersten sieht man u. d. M., wie sich in die grösseren Hohlräume die fein gekörnelt Opalmasse stromartig in verschiedenen gewundenen Lagen, die durch feine Verunreinigung lichter oder dunkler gefärbt sind, eingelagert hat. Bei dem zweiten Gestein hat sich zwischen die Opalmasse in kleinere rundliche oder grössere unregelmässige, verschieden verzweigte Hohlräume Chalcedon eingelagert. Der Chalcedon erscheint hier ungetrübt und durchsichtig. An den Wänden der Hohlräume sieht man zuerst eine dünne, fein quergefaserte und nierenförmig gewundene Lage von Chalcedon, im Inneren des Hohlraumes zeigt der Chalcedon dickere radial gestellte Fasern. Im polarisirten Lichte zeigt der Chalcedon die schönsten Polarisationsfarben und die kleineren rundlichen Partien auch das dunkle Kreuz. In den beiden Gesteinen erscheinen die in Opal umgewandelten Feldspath-, Augit- und Glimmerpseudomorphosen mit deutlichen Umrissen. Ebenso findet man auch hier in Opal zerstreute doppelbrechende Schüppchen.

Ein anderer Halbopal, den ich untersuchte, stammt von der östlichen Seite der Birkblösse, er war von dunkelgrauer Farbe mit grösseren weissen Flecken.

Die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass hier die Opalbildung noch nicht so weit vorgeschritten war, wie man sie bei den früher beschriebenen Halbopalen gesehen hat. Die schön contourirten Feldspathpseudomorphosen, die Augite, Glimmer und die Grundmasse sind zwar zum grössten Theil in Opal umgewandelt, aber in ihnen liegen noch sehr viele doppelbrechende Schüppchen und daneben noch eine grosse Menge von fein vertheilten, staubartigen Zersetzungsproducten.

Aus der zweiten Gruppe der Halbopale, die durch Umwandlung aus den erdig zersetzten Andesiten entstanden sind, hatte ich zwei Stücke zur Untersuchung.

Das erste Stück von der südlichen Seite der Birkblösse war von gelbbrauner bis ockergelber Farbe, schwachem Wachsglanz und sehr deutlichem muscheligen Bruch. Die Krystallumrisse von Feldspath-, Augit- und Glimmerpseudomorphosen sind makroskopisch an dem Handstück nicht zu sehen. Die Grundmasse erscheint unter dem Mikroskop als eine milchartig weisse — wahrscheinlich noch mit Spuren von Alunit verunreinigte — Opalmasse, die aber durch fein vertheilte Körner von Eisenoxydhydrat braunroth gefärbt ist. Die Färbung ist ebenso ungleichmässig vertheilt, wie in den erdig zersetzten Andesiten. Einzelne Theile erscheinen lichter, andere wieder dunkler gefärbt.

Die ganze Grundmasse erweist sich, mit Ausnahme einzelner Punkte, als isotrop. Sehr selten sieht man in der Grundmasse deutliche Umrisse von Feldspath- und Glimmerpseudomorphosen, sie sind meist verschwunden. In einer der ersteren, die ganz mit Opal ausgefüllt war, hat man noch deutlich die dunkler gefärbte und maschenförmig verzweigte Opalmasse, die bei der ersten Zersetzung des Feldspathes entstanden ist, von der später eingedrungenen lichten Opalmasse unterscheiden können. In der Opalmasse der Feldspathpseudomorphose sieht man auch einzelne Umrisse von Apatitnadeln. Auch grössere und dickere unzersetzte Apatitkrystalle habe ich im Schliff getroffen. Sie zeigten eine basische Spaltbarkeit, eine schwache Doppelbrechung und löschten gerade aus.

Der zweite Halbpal auch von der Birkblösse, ist rothbraun gefärbt und sieht dem ersten nicht nur äusserlich, sondern auch unter dem Mikroskop sehr ähnlich. Die in Opal umgewandelte Grundmasse ist durch unzählige Eisenoxydhydratfetzen ungleichmässig roth gefärbt. Diejenigen Theile der Opalmasse, die von Eisenoxydhydrat frei sind, besitzen eine weisse Farbe und erscheinen bandartig gewunden, und da sieht man noch deutlich, dass im Gestein noch viele anisotrope Körperchen liegen. Die Umrisse von Feldspath und Glimmer sind selten zu erkennen. An einigen Stellen im Dünnschliff sieht man aber deutliche kleine vierseitige Durchschnitte von einem frischen stark polarisirenden Mineral. Bei genauer mikroskopischer Untersuchung erwiesen sich diese Durchschnitte als unzersetzte Feldspäthe.

Wie ich schon anfangs erwähnte, hatte man schon bei verschiedenen Gesteinen Gelegenheit eine Umwandlung einzelner Mineralien, sowie auch eine partielle Umwandlung der Grundmasse im Opal zu beobachten. So erwähnt Herr Hofrath Tschermak¹⁾, dass sich die Plagioklase eines Amphibolandesites vom Caucasus zum Theil in eine amorphe Substanz umgewandelt haben, und dass an manchen Stellen diese opalartigen Zersetzungsproducte, wenn sie sich durch das ganze Gestein verbreiten, demselben einen Glanz verleihen, dass das Gestein wie frisch und unzersetzt erscheint. Auch eine Pseudomorphose von Opal nach Augit und Cordierit erwähnt Herr Hofrath Tschermak in einem Porphy von Elbingerode²⁾.

Am Vesuv findet man oft Augite, die durch saure Dämpfe zersetzt und in Opal umgewandelt sind, wobei die Opalmasse den inneren Raum bandartig durchzieht und unerfüllte Hohlräume bildet. Rammelsberg³⁾ analysirte sie und fand:

Kieselsäure	85·34
Thonerde	1·58
Eisenoxyd	1·67
Eisenoxydul	—
Magnesia	1·70
Kalk	2·66
Wasser	5·47
	<hr/>
	98·42.

Bei einem grobkörnigen Diabas von Eisenroth fand Rosenbusch⁴⁾ zwischen den krystallinen Gemengtheilen rundliche oder unregelmässig eckige Partien einer sehr kryptokrystallinen weisslich-grauen Masse, die stellenweise auch vollkommen farblos und durchaus isotrop war. Diese scheinbare Glasmasse war Opal und die daraus hervorgehenden kryptokrystallinen Aggregate waren chalcodonartiger Natur. Auch die von Möhl beobachtete „molekular veränderte Glasmasse“ im Diabas von Brillon, in der man farblose

¹⁾ Felsarten aus dem Caucasus. Tschermak's Min. Mitth. 1878. 2.

²⁾ Roth, Allgemeine und chemische Geologie I. 343. Akademie der Wissenschaften. Wien 1846. 484.

³⁾ Blum, Pseudomorphosen, p. 59. Pogg. Annalen 49, p. 388, 1840.

⁴⁾ Mikroskopische Physiographie der mass. Gesteine, pag. 350.

und durchaus isotrope Theile findet, erwies sich als Opal¹⁾. Auch in dem Olivin-Diabas²⁾ aus den Halobienschichten des Val Trompia oberhalb Marcheno fand man isotrope, wasserhelle, unregelmässig eckige oder rundlich begrenzte Flecke, die sich bei chemischer Prüfung als Opal erwiesen.

Alle diese beobachteten Thatsachen von Umwandlung einzelner Bestandtheile der Gesteine in Opal haben wir vereinigt bei der Zersetzung der Gleichenberger Andesite gesehen. Wir haben da die Bildung der isotropen Opalflecke in der Grundmasse, wie sie in den Gesteinen von Eisenroth, Brillonetz vorkommen, geschildert. Wir haben weiter gesehen, wie sich die Plagioklase, Augite und Glimmer in Opal verwandeln, und wie endlich bei der fortschreitenden Zersetzung das ganze Gestein in Opal verwandelt wurde. Wenn wir jetzt nach der Ursache dieser Umbildung fragen, so finden wir die Erklärung hauptsächlich in der Einwirkung des kohlenensäurehaltigen Wassers. Beobachtungen und Versuche haben dargethan, dass der grösste Theil der Zersetzungen und Umwandlungen bei den Silicaten durch die Einwirkung des kohlenensäurehaltigen Wassers zu Stande gekommen ist.

Der Gang der Zersetzung durch Einwirkung der Kohlensäure ist aber nicht immer derselbe, er wechselt nach der Beschaffenheit der Gesteine und Mineralien und nach der Menge der einwirkenden Kohlensäure und demzufolge sind natürlich auch die Zersetzungsproducte verschieden.

Die Gleichenberger Halbopale haben ganz gewiss ihre Entstehung aus den Andesiten der Einwirkung einer etwas grösseren Menge von Kohlensäure zu verdanken. Die Umgebung von Gleichenberg ist weltberühmt durch ihre Säuerlinge, die reich an freier Kohlensäure sind. Ich will hier nur die Klausner Quelle erwähnen, die im Gebiete der besprochenen Andesite entspringt. Sie führt ausser einer grossen Menge von Natron, Magnesia und Kalkcarbonat noch 19.41 Theile (auf 10.000 Wasser) freie Kohlensäure.

Es ist ganz natürlich, dass unter diesen Umständen auch das in dem Gestein circulirende Wasser reich an Kohlensäure sein muss und dass deren Gegenwart bedeutende Zersetzungen und Umwandlungen hervorrufen muss.

¹⁾ Ibidem pag. 350.

²⁾ Ibidem pag. 356.

Wie die mikroskopische Untersuchung gezeigt hat, hat die Einwirkung der Kohlensäure mit der Zersetzung des Magneteisens begonnen. Wir haben gesehen, dass bei der beginnenden Zersetzung das in der Grundmasse zerstreute Magneteisen verschwindet und wie zugleich der grösste Theil der kleinen Hohlräume mit Siderit erfüllt erscheint. Auch die Ausfüllung von grösseren Hohlräumen in dem Andesit von Gleichenberg mit Siderit ist sehr verbreitet und oft beobachtet. In den krystallisirten Bestandtheilen der Andesite bildeten sich zugleich durch Einwirkung der Kohlensäure Carbonate, die gelöst aus den Krystallen abgeführt und zum Theil in die Hohlräume abgesetzt wurden. Durch diesen Process blieb in den Krystallen amorphe Kieselsäure neben etwas Thonerde zurück.

Die in den Hohlräumen abgesetzten Carbonate mussten bei fortschreitender Zersetzung dem Opal den Platz räumen. Das kohlenensäurehaltige Wasser führt von anderen Stellen aufgelöste Kieselsäure und wenn sie in Berührung mit Carbonaten kommt, löst die Kohlensäure die Carbonate auf, wobei die bis da aufgelöste Kieselsäure zu Boden fällt und den Raum der aufgelösten Carbonate einnimmt.

Man sieht wirklich unter dem Mikroskope, wie ich schon erwähnte, wie sich oft der Opal in die Carbonate eindrängt, wie er sich langsam ausbreitet, bis er endlich den ganzen Raum eingenommen hat.

Mit gleichem Schritt mit der Bildung von Opal ging auch, wie wir gesehen haben, die Bildung von Kaliglimmer. Durch einen ähnlichen Process wurde auch die Grundmasse zersetzt, dessen Endproduct auch die Bildung von Opal war. Wie die mikroskopische Untersuchung und chemische Analyse zeigt, ist in dem Opal noch eine grosse Menge von Thonerde und Kali zurückgeblieben, indem sich bei der Zersetzung der Silicate Kaliglimmer bildete.

An einzelnen Stellen in dem Andesit, wo der Schwefelkies angehäuft vorkommt, sind kleinere oder grössere Partien von Andesit erdig zersetzt, ein Theil der Grundmasse wurde in Alunit umgewandelt, wobei aber auch die Kohlensäure die Bildung von Opal bewirkte. Der Alunit wurde später zersetzt und abgeführt, dessen Stelle dann die zugeführte Kieselsäure einnahm.

Von den Andesiten von Gleichenberg existiren mehrere Analysen, ich will aber hier nur diejenigen anführen, die sich auf die Gesteine jenes Gebiets beziehen, von denen hier die Rede war.

Es sind das folgende zwei Analysen:

	nach Morlot	n. Salzer
Kieselsäure	57·17	60·25
Thonerde	16·19	19·51
Eisenoxyd	—	3·07
Eisenoxydul	8·50	2·06
Kalk	6·30	5·89
Magnesia	1·90	2·11
Kaliumoxyd	3·90	4·33
Natriumoxyd	1·00	3·72
Wasser	3·38	0·61
	<hr/>	<hr/>
	99·05	101·55

Bei der bedeutenden Menge von Kali in dem untersuchten Gesteine war es schon dem Morlot auffallend, dass die Gleichenberger Quellen nur Spuren von Kali führen und er suchte die Erklärung in der bekannten Thatsache, dass bei der Verwitterung vieler Gesteine immer unverhältnissmässig mehr Natron als Kali abgeführt wird.

Die grosse Menge von Kali in den beschriebenen Halbopalen hat ihre Erklärung gefunden in der Bildung von Kaliglimmer.

Die oben erwähnte Analyse von Halbopal zeigt uns nach der durchgeführten Rechnung, dass in dem Halbopal 70 Percent reiner Opal, 20 Percent Kaliglimmer, 6 Percent Oligoklas und 1 Percent Limonit enthalten sei. Vergleichen wir diese Analyse mit den Analysen anderer bekannter Halbopale, so werden wir den grossen Unterschied in der Menge der fremden Beimengungen ganz natürlich finden, da die Halbopale, die in Klüften und Hohlräumen als Absatz entstehen, viel reiner sein können, als diejenigen, die sich durch eine Pseudomorphose des ganzen Gesteines, wie es bei den Gleichenberger Halbopalen der Fall ist, bilden, indem sich hier neben einigen zurückbleibenden Partikelchen noch Neubildungen ansiedeln.

Wien, im mineralogisch-petrographischen Universitätsinstitut,
30. März 1881.